

Theorie 3: Vielteilchenphänomene

SS 2011, Studienziel Bachelor, TP-MAT 3

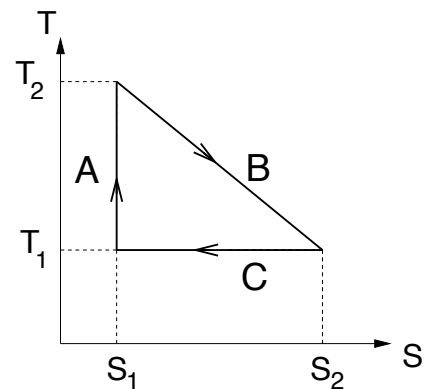
Dozent: F. Marquardt Übungen: B. Kubala

Übungsblatt 11 Abgabe: 26.07. 2011

Präsenzaufgaben

Aufgabe 22: Thermodynamik

Betrachten Sie den rechts im T-S Diagram gezeigten Kreisprozess, der von einem idealen einatomigen Gas im dreidimensionalen Raum durchlaufen wird.



a) Skizzieren Sie grob den Kreisprozess im p-V Diagramm und kennzeichnen Sie die funktionelle Form der p-V Kurve für die Teilprozesse A und C.

b) Geben Sie die Änderung der Entropie des Arbeitsgases $\Delta S_{A/B/C}$ für die verschiedenen Teilprozesse an.

Nutzen Sie $\Delta S_{A/C}$, um den Wärmefluss zum/vom System für die Teilprozesse A und C, $\Delta Q_{A/C}$ anzugeben [Vorzeichen: $\Delta Q > 0$ soll Wärmezufuhr in das System bedeuten].

Finden Sie auch ΔQ_B durch Integration entlang des Pfades B.

$$[\text{Zwischenergebnis: } \Delta Q_B = (S_2 - S_1)(T_1 + T_2)/2 .]$$

c) Finden Sie über den ersten Hauptsatz der Thermodynamik (und die Tatsache, dass es sich um ein ideales einatomiges Gas handelt) die vom System geleistete Arbeit, $\Delta W_{A/B/C}$ für die verschiedenen Teilprozesse und die im gesamten Kreisprozess geleistete Arbeit ΔW .

d) Geben Sie den Wirkungsgrad $\eta = \Delta W/\Delta Q_B$ an und vergleichen Sie mit dem Wirkungsgrad einer Carnot-Maschine, die zwischen den Temperaturen T_1 und T_2 arbeitet.

Aufgabe 23: Wärmepumpe

Ein Haus wird mit einer Wärmepumpe, die Wärme aus einem Fluss der Temperatur T_0 zieht, auf die Temperatur T_1 geheizt. Die Wärmepumpe arbeitet ideal und verbraucht eine Leistung P . Nehmen Sie an, dass das Haus Wärme mit einer Rate $\alpha(T_1 - T_0)$ verliert.

a) Berechnen Sie die Temperatur T_1 .

b) Das Haus kann alternativ mit einer konventionellen Heizung beheizt werden, die die Leistung P perfekt in Wärme umsetzt. Welche Temperatur T_1' wird nun erreicht?

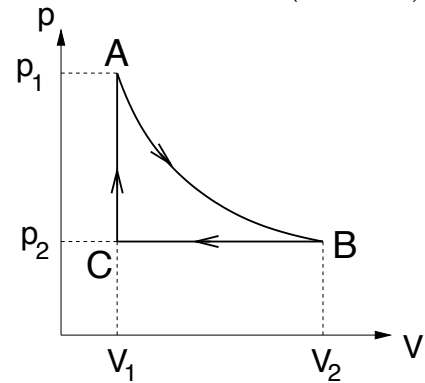
c) Berechnen Sie für $\alpha = 500 \text{ W/K}$ die benötigten Leistungen einer Wärmepumpe und einer konventionellen Heizung für $T_0 = 10^\circ\text{C}$ und $T_1 = 20^\circ\text{C}$.

Hausaufgaben

Hausaufgabe 19: Thermodynamik

(6 Punkte)

Betrachten Sie den rechts im $p - V$ Diagramm gezeigten Kreisprozess. Ein ideales einatomiges Gas im dreidimensionalen Raum expandiert adiabatisch von A nach B, wird dann zwischen B und C isobar komprimiert, und schließlich bei konstantem Volumen erwärmt (C nach A).



a) Drücken Sie zunächst die Temperaturen $T_{A/B/C}$ durch die Parameter $p_{1/2}$, $V_{1/2}$ des Prozesses aus.

b) Berechnen Sie dann explizit für jeden Teilprozess die zugeführte Wärme ΔQ und die geleistete Arbeit ΔW . Drücken Sie Ihre Ergebnisse allein durch die Parameter p_1 , V_1 , V_2 aus.

c) Leiten Sie ausgehend von $C_V = \left. \frac{\partial E}{\partial T} \right|_V$ die thermodynamische Beziehung

$$C_V = -T \left. \frac{\partial^2 F}{\partial T^2} \right|_V$$

her.

Hausaufgabe 20: Wiederholung

()

Die folgende Liste enthält die grundlegendsten in dieser Vorlesung vermittelten Konzepte und Techniken, die Sie auf jeden Fall verstanden haben sollten. Füllen Sie Ihre Wissenslücken mit dieser Liste vor der letzten Übung und fragen Sie Ihren Tutor bei Problemen.

- Boltzmann-Verteilung/Faktor für $\rho(x)$, $P(E_j)$.
- Erwartungswerte: Definition; diskret und kontinuierlich
(kanonische) Zustandssumme; welche Zustandssummen kann man ausrechnen?
explizit für wenige Zustände; bekannte Summen ((un)endliche geometrische Reihe, Binomial); bekannte Integrale; Faktorisierung
- Erwartungswerte durch Ableitung der Zustandssumme: freie Energie, Energie, Entropie (explizite Definition), Wärmekapazität
- Anwendungen: 2-Niveau, Spinsysteme, harmonischer Oszillator, Wärmestrahlung
- Def. Druck, chemisches Potential, großkanonische Zustandssumme
- Fermi-, Boseverteilung; Besetzung, Energie, chemisches Potential
- Bose-Einstein Kondensation: $N = N_0 + \int dE \dots$
- Zustandsdichten berechnen
- Ising-Modell; Molekularfeld, Korrelationen, Suszeptibilität
- Thermodynamik: 1. HS, Arbeit und Wärme; pdV für $p = \text{konst.}$; $p \propto V^{-1}$, $\propto V^{-\gamma}$; ΔE , ΔQ adiabatisch, isotherm; $p - V$, $S - T$ Diagramm, Kreisprozesse, Carnot
- thermodynamische Potentiale, Funktionaldeterminante, Phasenübergänge